

Tieraufenthalt, Laufflächenverschmutzung und Ammoniakemissionen bei Milchviehställen mit Laufhof

Sabine Schrade¹⁾, Frauke Korth¹⁾, Margret Keck¹⁾, Kerstin Zeyer²⁾, Lukas Emmenegger²⁾ und Eberhard Hartung³⁾

¹⁾ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen

²⁾ Empa Dübendorf, CH-8600 Dübendorf

³⁾ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, D-24118 Kiel

Zusammenfassung

Zur Bestimmung der NH₃-Emissionen erfolgten systematische Messungen auf sechs Milchviehbetrieben in unterschiedlichen Jahreszeiten. Dabei handelte es sich um freigelüftete Liegeboxenlaufställe mit planbefestigten Laufflächen und einem Laufhof, der räumlich vom Stallgebäude getrennt bzw. als Liegegang/Laufhof kombiniert ausgeführt war. Der Tieraufenthalt im Laufhof bzw. im Liegegang/Laufhof sowie die Laufflächenverschmutzung (Art, Anteil, Höhe) dienten neben beschreibenden Betriebsdaten und Klimadaten zur Charakterisierung der jeweiligen Messsituation und als Hinweis auf das NH₃-Emissionspotenzial. Der Aufenthalt im kombinierten Liegegang/Laufhof war mit durchschnittlich 32 bis 35 % deutlich höher als bei Betrieben mit räumlich getrenntem Laufhof mit 4 bis 10 %. Bei der Verschmutzungsart nahm über alle Betriebe hinweg das emissionsrelevante feuchte Kot-Harn-Gemisch den grössten Anteil ein. Mit dem systematischen Messansatz konnten jahreszeitliche Effekte der NH₃-Emissionen für das Haltungssystem Laufstall mit Laufhof aufgezeigt werden. Minderungsmaßnahmen setzen bei der Verringerung der verschmutzten Lauffläche durch die Wahl des Stallkonzepts und bei optimierter Entmistung an.

Summary

Systematic measurements were performed on six dairy farms in different seasons in order to determine ammonia emissions. Cows were kept in naturally ventilated loose-housing systems with cubicles, solid floor surfaces, and an outdoor exercise area which was either spatially separate or executed as a combined cubicle access/outdoor exercise area. In addition to serving as descriptive farm data and climate data, the time spent by the animals in the aisles/exercise area and the soiling of these areas (type, level, proportion) served to characterise each measuring situation and furnish an indication of the NH₃ emission potential. At 32 to 35 % on average, the time spent in by the animals in the combined cubicle access/outdoor exercise area was considerably higher than on farms with a spatially separated outdoor exercise area, where the figure ranged between 4 and 10 %. As regards type of aisle/exercise-area soiling, the emission-relevant damp faeces/urine mixture accounted for the highest proportion on all farms. With the systematic measuring approach, we were able to demonstrate seasonal effects for the NH₃ emissions from the 'loose housing with outdoor exercise area' housing system. Mitigation measures should tackle the aim of

reducing soiled floor surfaces through the choice of housing concept and optimised dung removal.

Einleitung

In den letzten 20 Jahren veränderten sich die Haltungssysteme für Milchvieh deutlich. Während 1990 in der Schweiz noch 97 % der Milchkühe in Anbindeställen und nur 3 % in Laufställen gehalten wurden, wird für das Jahr 2010 ein Verhältnis von Anbindestall zu Laufstall von 60 zu 40 % angenommen (BLW 2003). Tierhaltungsprogramme verstärken den Trend zu Laufställen und Laufhöfen. Eine deutliche Erhöhung der verschmutzten Laufflächen führt allerdings zu vergleichsweise höheren NH₃-Emissionen. Zur Einhaltung der Critical Loads müssen die gesamtschweizerischen NH₃-Emissionen von schätzungsweise 44 000 Tonnen im Jahr 2000 auf etwa 25 000 Tonnen NH₃-Stickstoff pro Jahr vermindert werden (BAFU und BLW 2008). Ziel dieser Untersuchung war die Bestimmung der NH₃-Emissionen für die in der Schweiz häufige Situation mit Laufstall und Laufhof für Milchvieh als Beitrag für Emissionsinventare sowie mit Blick auf Minderungsansätze.

Material und Methoden

Die Messungen erfolgten systematisch während zwölf Messperioden in sechs freigelüfteten Milchviehställen mit Liegeboxen, planbefestigten Laufflächen und längs zum Stallgebäude angeordnetem Laufhof (Schrade 2009). Auf drei Betrieben war dieser räumlich vom Stallgebäude getrennt, auf drei weiteren Betrieben als Liegegang/Laufhof kombiniert (Abb. 1 und Tab. 1). Die Bestandesgrössen variierten zwischen 20 und 74 Tieren. Messungen in je zwei von drei Jahreszeiten (Sommer, Übergangszeit, Winter) deckten die klimatische Variation übers Jahr ab.

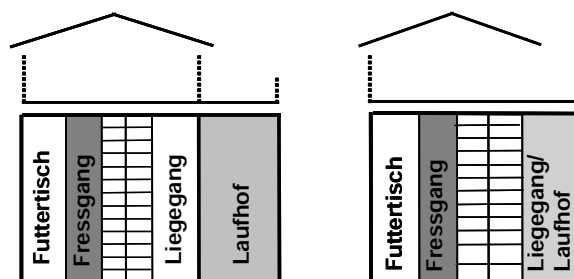


Abb. 1: Schematische Skizzen für die beiden Stallkonzepte der Praxisbetriebe: Laufhof getrennt vom Stallgebäude (links); kombinierter Liegegang/Laufhof (rechts).

Die Messdauer pro Jahreszeit betrug mindestens drei Tage.

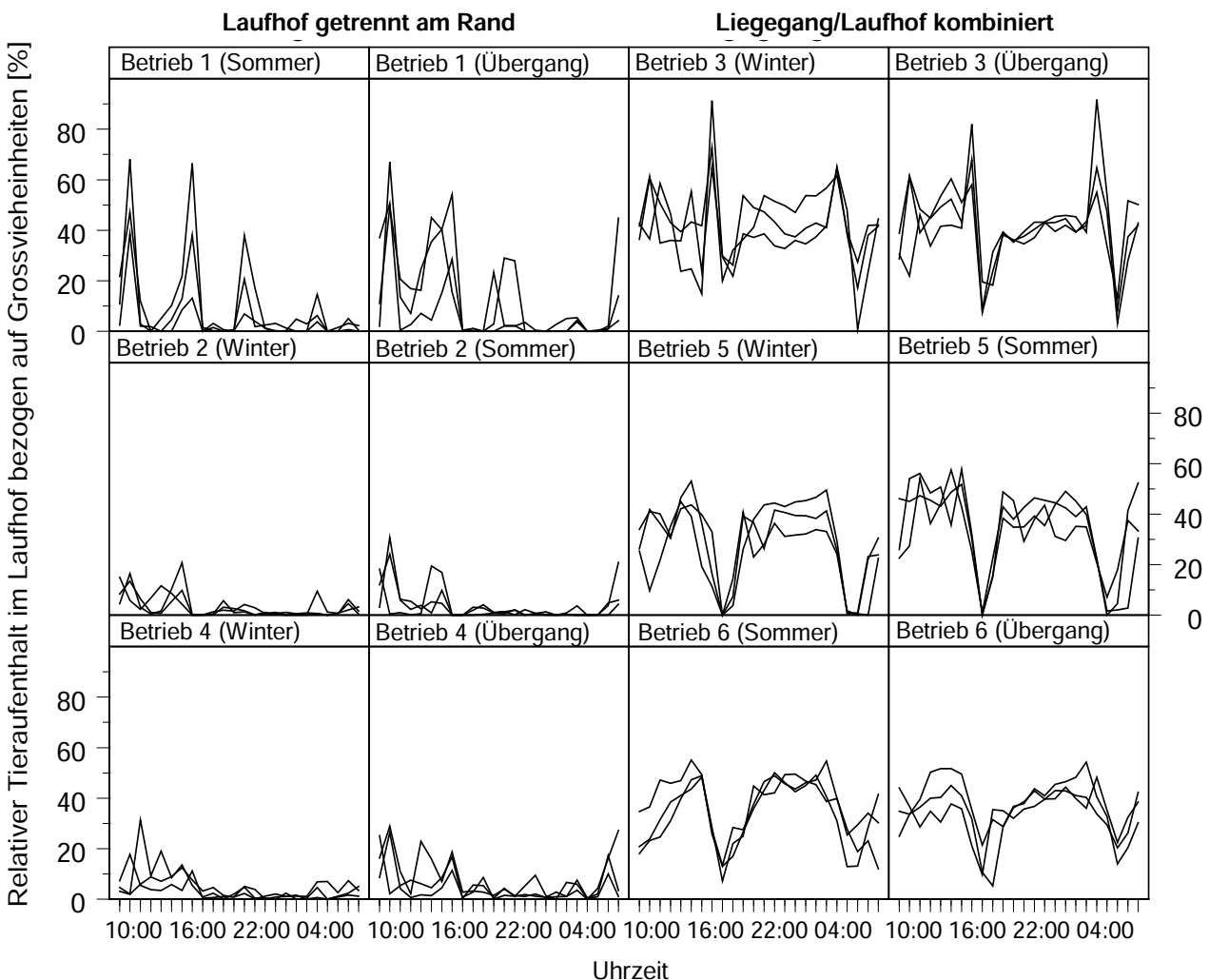
Für die Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung und von Flächenquellen entwickelten ART und Empa eine Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen (SF_6 , SF_5CF_3). Zur Charakterisierung der jeweiligen Messsituation, als Bezugsgrößen und zur Ableitung von wichtigen Einflussgrößen auf die Emissionen wurden neben beschreibenden Betriebsdaten auch Aussenklima, Klima in Stall und Laufhof sowie Stickstoff-Input, -Output und -Verwertung erfasst. Weiter wurde der Tieraufenthalt im Laufhof bzw. im kombinierten Liegegang/Laufhof mit Videokameras aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte mit Instantaneous-Scan-Sampling in 2,5-minütigen Intervallen. Anhand eines Bonitierungsschemas wurden Art, Anteil und Höhe sowie pH-Wert und Temperatur der Laufflächenverschmutzung mehrmals täglich jeweils unmittelbar vor dem jeweiligen Entmisten erhoben. Dazu waren die Laufflächen in ein Raster eingeteilt. Der Flächenanteil der Verschmutzungskategorien (Harn feucht, Kot-Harn-Gemisch feucht, Kot feucht, Kot-Harn-Gemisch trocken, Kot trocken, Boden feucht, Boden trocken) wurde visuell pro Feld geschätzt (Korth 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Tieraufenthalt

Der Kot- und Harnanfall hängt im Wesentlichen von der Aufenthaltsdauer der Tiere in den einzelnen Stallbereichen ab. Der mittlere Aufenthalt im räumlich vom Stallgebäude getrennten Laufhof lag mit durchschnittlich 4 bis 10 % im Bereich bzw. nur wenig über dem Tieraufenthalt mit rund 4 % der Untersuchung von Krötzl und Hauser (1997) bei einem getrennt angeordneten Laufhof. Mit durchschnittlich 32 bis 35 % war der Tieraufenthalt im kombinierten Liegegang/Laufhof deutlich höher. Dies ist unter anderem damit zu begründen, dass die Tiere in den angrenzenden Liegeboxen ebenfalls zum Tieraufenthalt im Liegegang/Laufhof zählten. Bei den Betrieben 1, 3, 5 und 6 sind deutliche Tagesgänge erkennbar. Während der Fütterungszeiten unmittelbar nach dem Melken waren kaum Tiere auf dem Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof. Der Liegegang/Laufhof von Betrieb 3 diente als Warteraum

Abb. 2: Relativer Tieraufenthalt im Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof bezogen auf Grossvieheinheiten [%] im Tagesverlauf nach Betrieben und Jahreszeiten als Stundenmittelwerte einzelner Messtage dargestellt.



und wies somit vor und zu Beginn der Melkzeiten kurzzeitig einen sehr hohen Tieraufenthalt aus. Nachts wurde der Laufhof bei den Betrieben mit getrennt angeordnetem Laufhof nur vereinzelt genutzt. Die punktuell hohe Laufhofnutzung bei Betrieb 1 ist durch das Ausweichen der Tiere vor dem Schieber zu erklären.

Laufflächenverschmutzung

Art, Anteil und Höhe der Verschmutzung dienen als Anhaltspunkte mit Blick auf das Emissionspotenzial der Laufflächen. Der Median der Verschmutzungshöhe variierte über alle Betriebe, Messperioden und Bereiche zwischen 0,1 und 0,7 cm (Abb. 3). Bei Betrieben mit getrenntem Laufhof wurde der Laufhof höchstens alle drei Tage entmistet. Somit wies die Verschmutzungshöhe des Laufhofs über die jeweils drei Messtage eine grössere Variabilität auf und war bei den Betrieben 2 und 4 grösser als bei den Laufgängen im Stall. Bei den Betrieben 3 und 5 war die mittlere Verschmutzungshöhe im Fressgang gegenüber dem Liegegang/Laufhof etwas erhöht. Über alle Betriebe hinweg nahm das feuchte Kot-Harn-Gemisch den grössten Anteil ein (Abb. 4). Die Verschmutzung in Bereichen mit weniger Tieraufenthalt im räumlich vom Stallgebäude getrennten Laufhof ist heterogener als in Laufgängen mit höherem Aufenthalt. Der im Vergleich zum Stallbereich höhere Anteil der sauberen Fläche im Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof der Betriebe 1, 5 sowie von

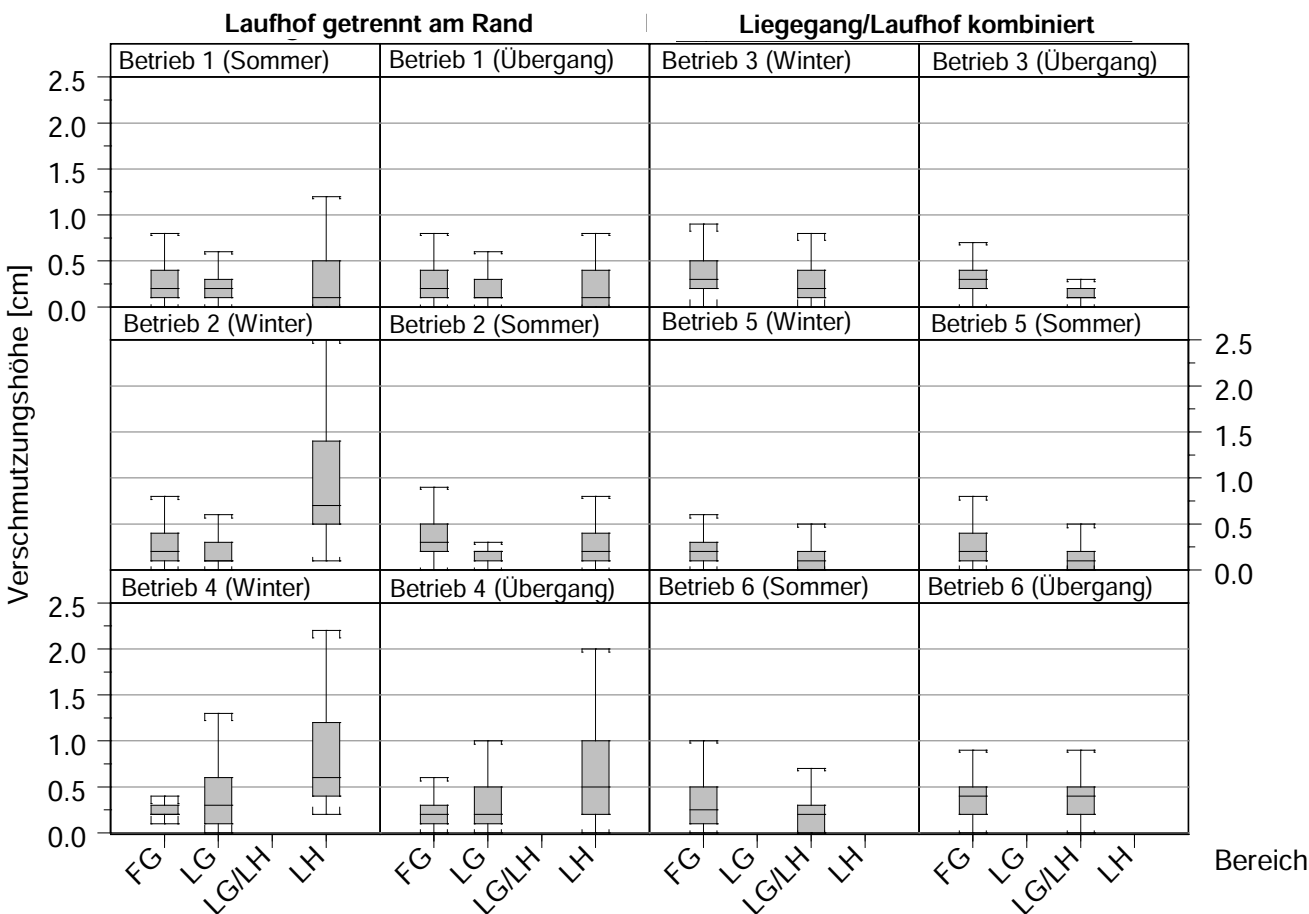
Betrieb 3 in der Übergangszeit resultiert aus der geringeren Nutzung. Der grössere Anteil trockener Flächen lässt sich in der wärmeren Jahreszeit bei den Betrieben 2, 3, 5 und 6 auf Austrocknungseffekte durch höhere Temperaturen sowie Globalstrahlung zurückführen. Die abgetrocknete Fläche ist ein Indiz für eine bereits erfolgte Emission.

NH₃-Emissionen

Mit dem systematischen Messansatz und der neu entwickelten Tracer-Ratio-Methode konnten jahreszeitliche Effekte der NH₃-Emissionen von Liegeboxenlaufställen mit Laufhof aufgezeigt werden (Tab. 1). Im Sommer variierten die Tagesmittelwerte über alle Messperioden hinweg von 31 bis 67 g/GV·d und lagen damit etwas höher als punktuelle Literaturwerte mit 9 bis 57 g/GV·d (Rom et al. 2004;

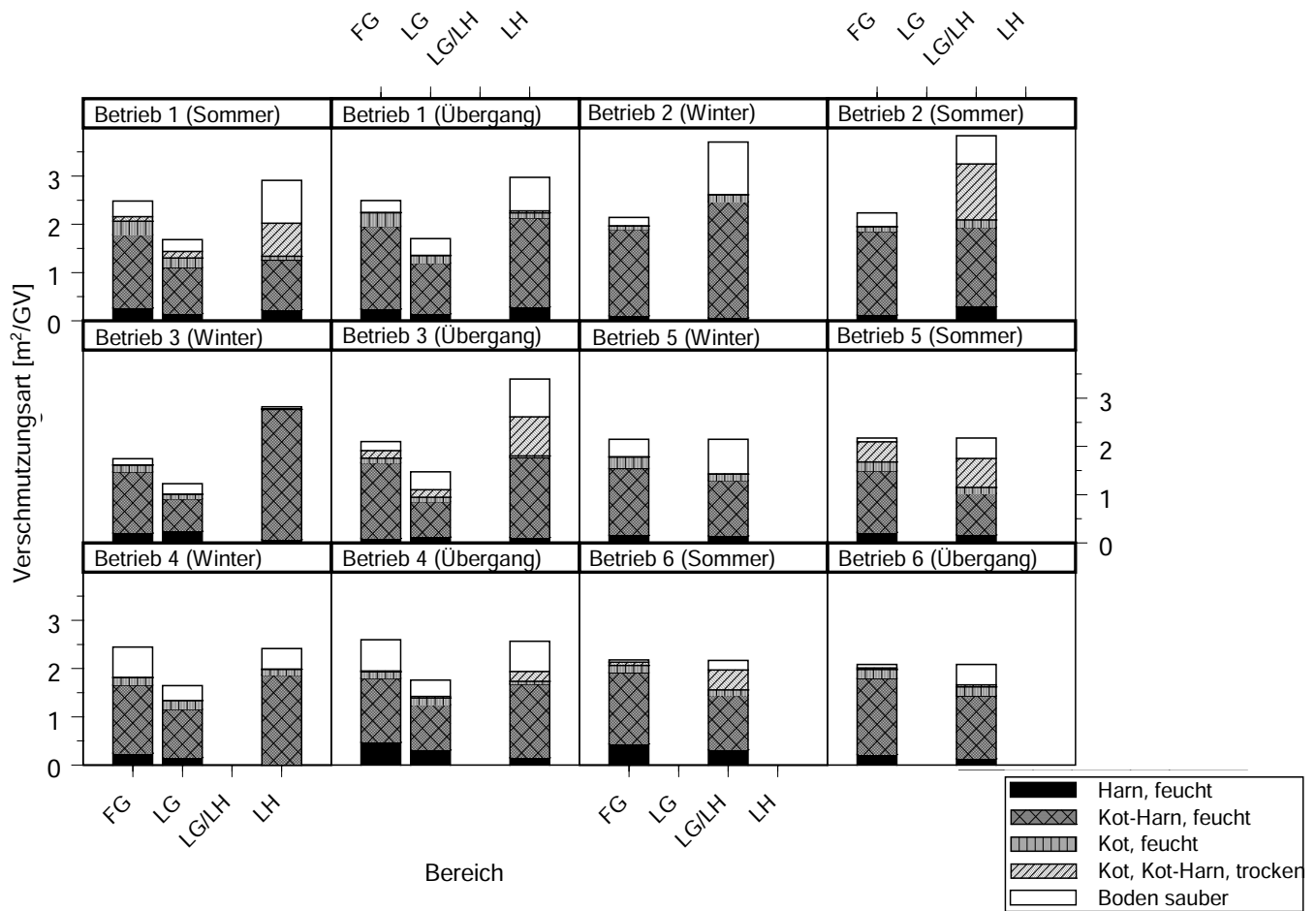
Abb. 3/unten: Verschmutzungshöhe [cm] nach Betrieben und Jahreszeiten als Boxplots (Minimum, unteres Quartil, Median, oberes Quartil, 95 %-Perzentil) pro Bereich dargestellt (FG Fressgang; LG Liegegang; LG/LH Liegegang/Laufhof; LH Laufhof).

Abb. 4/rechts: Art der Laufflächenverschmutzung als Flächenanteile [m²/GV] nach Betrieben und Jahreszeiten in fünf Kategorien (Harn, feucht; Kot-Harn-Gemisch, feucht; Kot feucht; Kot und Kot-Harn-Gemisch, trocken; sauberer Boden, trocken bzw. feucht) pro Bereich dargestellt.



Stallkonzept: Laufhof getrennt am Rand angeordnet

kombinierter Liegegang/Laufhof



Tab. 1: Übersicht über Flächen, Tieraufenthalt, Entmistung, Laufflächenverschmutzung und NH₃-Emissionen der untersuchten Betriebe nach Stallkonzepten (GV Grossvieheinheit; 1 GV = 500 kg Lebendmasse).

Parameter / Stallkonzept	Laufhof getrennt am Rand (Betriebe 1, 2 und 4)	Liegegang/Laufhof kombiniert (Betriebe 3, 5 und 6)
Fläche [m²/GV]		
Gesamt	8,3–10,3	6,6–9,2
davon Lauffläche	6,3–7,8	4,6–6,7
davon Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof	2,4–3,4	2,1–3,8
Tieraufenthalt Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof [%]	4–10	32–35
Entmistung		
Stallbereich	4x tgl.; stationärer Schieber	3–4x tgl.; stationärer Schieber
Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof	ca. alle 3 Tage; manuell/mobil	3–4x tgl.; stationärer Schieber
Verschmutzung Laufflächen		
Anfall	Fressgang, Liegegang >>> Laufhof	Fressgang > Liegegang/Laufhof
Höhe	Fressgang, Liegegang < Laufhof	
Verteilung	Fressgang, Liegegang homogener als Laufhof	Fressgang homogener als Liegegang/Laufhof
Funktionen Laufhof bzw. Liegegang/Laufhof	Zusätzliche Lauffläche mit Aussenklimareizen	Notwendiger Zugang zu Liegeboxen, Aussenklimareiz
NH₃-Emissionen [g/GV-d]	Sommer: 31–67; Übergangszeit: 16–44; Winter: 6–23	

Zhang *et al.* 2005). In der Übergangszeit erstreckten sich die NH_3 -Emissionen zwischen 16 und 44 g/GV·d. Im Winter lagen die Tagesmittelwerte mit 6 und 23 g/GV·d deutlich tiefer als die von Seipelt (1999) im Winter gemessene Emission mit 40,3 g/GV·d. Daten aus unterschiedlichen Untersuchungen sind aufgrund von verschiedenen Rahmenbedingungen und Messansätzen nur bedingt vergleichbar. Bei den Messungen aus der Literatur handelt es sich um Laufställe ohne Laufhof. Die Lauffläche bei allen sechs Betrieben der vorliegenden Untersuchung ging deutlich über die geforderten Flächen des RAUS-Programms hinaus und war somit um mehr als das Doppelte höher als die Lauffläche der Messungen aus der Literatur.

Gesamtbetrachtung und Schlussfolgerungen

Beim Stallkonzept mit getrennt am Rand angeordnetem Laufhof war die Lauffläche der untersuchten Betriebe grösser als beim Stallkonzept mit Liegegang/Laufhof (Tab. 1). Der getrennt angeordnete Laufhof ist eine zusätzliche Fläche, auf der sich die Tiere wenig aufhielten. Die Nutzung des kombinierten Liegegang/Laufhofs war deutlich höher, da dieser auch als Zugang zu den angrenzenden Liegeboxen diente. Die Entmistung des kombinierten Liegegang/Laufhofs erfolgte mit stationärem Schieber mehrmals täglich analog zum Fressgang. Im getrennten Laufhof blieben die emissionsrelevanten Verschmutzungsanteile über einen längeren Zeitraum gegen Sonne und Wind exponiert, da dieser seltener entmistet wurde.

Mit Blick auf Minderung der NH_3 -Emissionen ist bei der Stallplanung, beim Bau und der Nutzung darauf zu achten, dass nicht unnötig viel Fläche verschmutzt werden kann. Entscheidend ist nicht allein die Grösse der zur Verfügung gestellten Laufflächen, sondern auch deren Anordnung, Ausführung, Attraktivität (Tränken, Kuhbürsten, Lecksteine etc.), Nutzung durch die Tiere und Sauberkeit. Monteny (2000) und Keck (1997) konnten in Modellrechnungen bzw. Untersuchungen im halbtechnischen Massstab einen grossen Einfluss von Harn auf der Lauffläche auf die NH_3 -Emissionen aufzeigen. Emissionsrelevant ist demnach feuchte Verschmutzung wie beispielsweise Harn und feuchtes Kot-Harn-Gemisch. Zur Minderung der NH_3 -Bildung und -Freisetzung ist daher ein rascher Harnabfluss von planbefestigten Laufflächen durch Gefälle und Harnsammelrinnen anzustreben. Zum Entfernen von Kot und Harn insbesondere in Stallbereichen mit hohem Tieraufenthalt und entsprechend grossem Kot- und Harnanfall, ist

Entmisten in kurzen Zeitintervallen notwendig. Dies bedingt tiergerechte Schieberausführungen (Höhe, Geschwindigkeit) und Ausweichmöglichkeiten für die Tiere. Saubere und trockene Laufflächen verringern das Bildungs- und Freisetzungspotenzial von NH_3 und fördern Stallhygiene und Klauengesundheit.

Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2003. Agrarbericht, Bern.
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) & Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2008. Umweltziele Landwirtschaft. Hergestellt aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen 0820.
- Keck M., 1997. Ammonia emission and odour thresholds of cattle houses with exercise yards. In: Voermans J.A.M. & Monteny G.J.. Ammonia and Odour Emissions From Animal Production Facilities. Proceedings of a International Symposium in Vinkeloord, Netherlands, 349-355.
- Korth F., 2008. Tieraufenthalt und Verschmutzung im Stallbereich und auf dem Laufhof in der Milchviehhaltung. Bachelorarbeit Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Krötzel H. & Hauser R., 1997. Ethologische Grundlagen zum Platzbedarf, zur Gestaltung und zum Betrieb von Laufhöfen bei Kühen im Laufstall. Agrartechnische Forschung 3, H. 2, 141-150.
- Monteny G.J., 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Rom H.B., Zhang G.Q. & Wang C., 2004. Survey of ammonia emission from naturally ventilated housing facilities for cattle. In: European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng). International Conference on Agricultural Engineering in Leuven 2004, Book of Abstracts, 668-669. Paper on CD 296.
- Schrade S. 2009. Ammoniak- und PM10-Emissionen im Laufstall für Milchvieh mit freier Lüftung und Laufhof anhand einer Tracer-Ratio-Methode. VDI-MEG 483, Dissertation Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Seipelt F., 1999. Quantifizierung und Bewertung gasförmiger Emissionen aus frei gelüfteten Milchviehställen mit Trauf-First-Lüftung. VDI-MEG 336, Dissertation Universität Göttingen.
- Zhang G., Strom J.S., Li B., Rom H.B., Morsing S., Dahl P. & Wang C., 2005. Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle buildings. Biosystems Engineering 92 (3), 355-364.